

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-153604

(43) 公開日 平成9年(1997)6月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 27/14 31/10			H 0 1 L 27/14 31/10	Z D A

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-311382

(22) 出願日 平成7年(1995)11月29日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 高橋 強

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

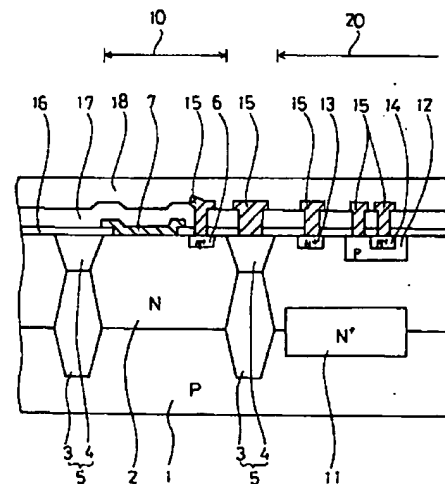
(74) 代理人 弁理士 岡田 敬

(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 入射光の反射を低減し、感度を向上させたフォトダイオードを有する光半導体装置を提供する。

【解決手段】 フォトダイオード形成領域10のN型エピタキシャル層2と、その上方のSiO₂膜17との間に、反射防止膜としてSiN膜7を介在させる。このSiN膜7は、エピタキシャル層2の屈折率(約3.4)とSiO₂膜17の屈折率(約1.45)との間の屈折率(約2.0)を有する。



- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1: 基板 | 2: エピタキシャル層 |
| 5: 電圧分離領域 | 7: SiN膜(反射防止膜) |
| 10: フォトダイオード形成領域 | 11: 埋め込み層 |
| 12: ベース領域 | 13: コンタクト領域 |
| 14: エミッタ領域 | 16, 17: SiO ₂ 膜(絶縁膜) |
| 20: トランジスタ形成領域 | |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一導電型半導体基板と、

この半導体基板上に形成された逆導電型半導体層と、
この逆導電型半導体層上に形成された反射防止膜と、
この反射防止膜上に形成された絶縁膜と、
この絶縁膜上に形成されたパッケージ樹脂層とにより構成されたフォトダイオードを有し、

前記反射防止膜は、前記絶縁膜の屈折率と前記逆導電型半導体層の屈折率との間の屈折率を有する材料により形成されていることを特徴とする光半導体装置。

【請求項2】 前記反射防止膜はシリコン窒化物からなり、前記絶縁膜はシリコン酸化物からなることを特徴とする請求項1に記載の光半導体装置。

【請求項3】 前記反射防止膜が、前記逆導電型半導体層上にストライプ状に形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光半導体装置に関し、更に詳しくいえば、入射面での光の反射を防止したフォトダイオードを有する光半導体装置に関する。近年、DVD (Digital Video Disk)、CD (Compact Disk) ROM、MD (Mini Disk) などの光検出部等に用いる検出素子として、フォトダイオードとその周辺回路を同一半導体基板上に集積化した光半導体装置の需要が高まってきており、これらの受光素子として用いられるフォトダイオードの感度のさらなる向上が要求されてきている。

【0002】

【従来の技術】フォトダイオードとその周辺回路とを同一半導体基板上に集積化した光半導体装置は、受光素子及び周辺回路を別個に形成してハイブリッドIC化したものと異なり、小型軽量であるとともに、コストダウンが期待でき、また、外部電磁界による雑音に対して強いという利点を有している。

【0003】この種の光半導体装置としては、例えば特開平4-245478号公報に記載された構造が公知である。すなわち、図9に示すように、P型シリコン基板(31)上には、N-型エピタキシャル層(32)が10~12μmの厚さで形成されている。このエピタキシャル層(32)は、素子分離領域(35)により、フォトダイオード形成領域(30)及びNPNトランジスタ形成領域(40)等の複数の素子領域に分離されている。なお、素子分離領域(35)は、基板(31)からエピタキシャル層(32)にP型不純物を拡散させて形成した下拡散層(33)と、エピタキシャル層(32)の表面からP型不純物を拡散させて形成した上拡散層(33)とにより構成される。

【0004】フォトダイオード形成領域(30)においては、エピタキシャル層(32)の表面にN+型拡散領域(36)が形成されている。NPNトランジスタ形成領域(40)においては、基板(31)とエピタキシャル層(32)との間にアンチモン(Sb)を導入して形成したN+型埋め込み層(41)が設けられている。また、埋め込み層(41)上には、エピタキシャル層より成るN型コレクタ領域(43)が形成されている。このN型コレクタ領域(43)の表面にはN+型コンタクト領域(44)及びP型ベース領域(45)が相互に離隔して形成されている。そして、P型ベース領域(45)の表面には、N+型エミッタ領域(46)が形成されている。

【0005】エピタキシャル層(32)上の全面にはSiO₂膜(38)が形成されており、N+型拡散領域(36)、N+型コンタクト領域(44)、P型ベース領域(45)及びN+型エミッタ領域(46)は、それぞれSiO₂膜(38)に形成されたコンタクトホールを介して、電極(48)に電気的に接続されている。また、SiO₂膜(38)上は、エポキシ系のパッケージ樹脂層(49)により覆われている。

【0006】このように構成されたフォトダイオードを有する半導体装置において、電極(48)を介して基板(31)とN+型拡散領域(36)との間には逆電圧が印加されている。この状態でエピタキシャル層に到達した光は、これにより発生するホールが基板側に流れ(または基板(31)に到達した光は電子を発生させ)、光として検出されることになる。

【0007】
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の光半導体装置は、特にSiO₂膜(38)とN+型拡散領域(36)との界面での光の反射率が比較的高く、基板やエピタキシャル層に入射する光量が少ないため、感度が低いという問題点がある。以下、その問題点について、更に詳細に説明する。

【0008】図10に示すように、フォトダイオードに入射する光の一部は、パッケージ樹脂層(49)とSiO₂膜(38)との界面、及びSiO₂膜(38)とエピタキシャル層(32)との界面で反射される。光の垂直入射の場合、膜厚の影響及び多重反射の影響を考えないとすると、屈折率n₁の物質の層と屈折率n₂の物質の層との界面での反射率Rは、下記数式1で与えられる。

(数式1)
$$R = \left\{ \frac{(n_2 - n_1)}{(n_2 + n_1)} \right\}^2 \times 100$$

(%)
通常のフォトダイオードの場合、パッケージ樹脂層(49)の屈折率は約1.55、SiO₂膜(38)の屈折率は約1.45、エピタキシャル層(32)の屈折率は約3.4であるので、パッケージ樹脂層(49)とSiO₂膜(38)との界面での反射率R₀₁は約0.1%と小さいものの、SiO₂膜(38)とエピタキシャル層

(32)との界面での反射率は約16.2%と大きい。このため、従来のフォトダイオードにおいては、空乏層に到達する光の量が十分でなく、感度が低い。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記従来の欠点に鑑みて成されたもので、図1に例示するように、一導電型半導体基板と、この半導体基板上に形成された逆導電型半導体層と、この逆導電型半導体層上に形成された反射防止膜と、この反射防止膜上に形成された絶縁膜と、この絶縁膜上に形成されたパッケージ樹脂層とにより構成されたフォトダイオードを有し、前記反射防止膜は、前記絶縁膜の屈折率と前記逆導電型半導体層の屈折率との間の屈折率を有する材料により形成されていることを特徴とする光半導体装置により、フォトダイオードの受光面での反射を低減し、感度の向上を図ることを目的とする。

【0010】

【発明の実施の形態】以下で、本発明の実施の形態に係る光半導体装置について、図面を参照しながら説明する。

(第1の実施形態)図1は、本発明の第1の実施形態に係るフォトダイオードを備えた光半導体装置の構造を示す断面図である。

【0011】P型シリコン基板(1)上にはN型エピタキシャル層(2)が形成されている。このエピタキシャル層(2)は、エピタキシャル層(2)の表面から基板(1)に到達する素子分離領域(5)により、フォトダイオード形成領域(10)及びNPNトランジスタ形成領域(20)等の複数の素子領域に分離されている。なお、素子分離領域(5)は、基板(1)の表面にP型不純物を導入し、該不純物を上方に拡散させて形成した下拡散層(3)と、エピタキシャル層(2)の表面にP型不純物を導入し、該不純物を下方に拡散させて形成した上拡散層(4)とにより構成されている。

【0012】素子分離領域(5)により分離された素子領域のうち、フォトダイオード形成領域(10)においては、エピタキシャル層(2)の表面にN+型拡散領域(6)が形成されている。一方、NPNトランジスタ形成領域(20)においては、基板(1)とエピタキシャル層(2)との間にN+型埋め込み層(11)が設けられている。また、埋め込み層(11)上のエピタキシャル層(2)の表面にはN+型コンタクト領域(13)及びP型ベース領域(12)が相互に離隔して形成されている。そして、P型ベース領域(12)の表面には、N+型エミッタ領域(14)が形成されている。

【0013】エピタキシャル層(2)上の全面には第1のSiO₂膜(16)が形成されている。この第1のSiO₂膜(16)は、フォトダイオード形成領域(10)上で開口されており、その開口部分には、エピタキシャル層(2)上からSiO₂膜(16)上に若干延び

るようにしてSiN膜(反射防止膜)(7)が形成されている。

【0014】また、第1のSiO₂膜(16)及びSiN膜(7)上には第2のSiO₂膜(17)が形成されている。そして、N+型拡散領域(6)、フォトダイオード形成領域(10)に隣接する素子分離領域(5)、N+型コンタクト領域(13)、P型ベース領域(12)及びN型エミッタ領域(14)は、第1及び第2のSiO₂膜(16)(17)を貫通するコンタクトホールを介して、それぞれ電極(15)に電気的に接続されている。

【0015】そして、SiO₂膜(9)上は、エポキシ系のパッケージ樹脂層(18)で覆われている。このように構成された本実施形態の光半導体装置において、電極(15)を介してフォトダイオード形成領域(10)の基板(1)とエピタキシャル層(2)との間に逆電圧を印加すると、基板(1)とエピタキシャル層(2)との間に空乏層が広がる。この空乏層に光が到達すると、電子・正孔対が形成されて、基板(1)とN+型拡散領域(6)との間に電流が流れる。フォトダイオード形成領域(10)に隣接した素子領域に形成されたNPNトランジスタによりこの電流を増幅して、後段の回路に伝達する。

【0016】このとき、図2に示すように、入射光の一部は、パッケージ樹脂層(18)とSiO₂膜(17)との界面、SiO₂膜(17)とSiN膜(7)との界面、SiN膜(7)とエピタキシャル層(2)との界面で反射される。この場合に、パッケージ樹脂層(18)の屈折率は約1.55、SiO₂膜(17)の屈折率は約1.45、SiN膜(7)の屈折率は約2.0、エピタキシャル層(2)の屈折率は約3.4であるので、前記数式1により、パッケージ樹脂(18)とSiO₂膜(17)との界面での反射率R01は約0.1%、SiO₂膜(17)とSiN膜(7)との界面での反射率R12は約2.5%、SiN膜(7)とエピタキシャル層(2)との界面で反射率R23は約6.7%となる。

【0017】すなわち、本形態においては、エピタキシャル層(2)とSiO₂膜(17)との間に、その両者の間の屈折率を有するSiN膜(7)を介在させたので、全体の反射率を低減することができる。これにより、空乏層に到達する光の量が増加し、フォトダイオードの感度が向上する。以下、上述のフォトダイオードを有する光半導体装置の製造方法について説明する。まず、図3に示すように、P型シリコン基板(1)上に、埋め込み層(11)形成予定領域に対応する部分が開口されたマスク(図示せず)を形成し、このマスクの開口部を介して基板(1)の表面に埋め込み層(11)を形成するアンチモン(Sb)をイオン注入する。その後、前記マスクを除去した後、下拡散層(3)に対応する部分が開口されたマスク(図示せず)を基板(1)上に形

成する。そして、このマスクの開口部を介して基板(1)の表面に下拡散層(3)を形成するボロン(B)を導入する。その後、前記マスクを除去する。

【0018】次に、図4に示すように、基板(1)上にN型エピタキシャル層(2)を10~12 μ mの厚さに形成する。このとき、前工程で基板(1)に導入した不純物がエピタキシャル層(2)に拡散して、各不純物領域が拡大する。次に、図5に示すように、エピタキシャル層(2)表面の上拡散層(4)形成予定領域及びベース領域(12)形成予定領域にP型不純物を選択的に導入した後、該不純物を拡散させる。この拡散により上拡散層(4)と下拡散層(3)とを連結させて、素子分離領域(5)を形成する。

【0019】その後、図6に示すように、エピタキシャル層(2)の表面のN+型拡散領域(6)形成予定領域、N+型コンタクト領域(13)形成予定領域及びエミッタ領域(14)形成予定領域にN型不純物を導入した後、その不純物を拡散させる。次に、エピタキシャル層(2)上にSiO₂膜(16)を形成した後、フォト

リソグラフィ法により、フォトダイオード形成領域(10)上のSiO₂膜(16)を開口して、この開口部分のエピタキシャル層(2)上にSiN膜(7)を形成する。このとき、例えば他の領域において、容量素子の誘電体として作用するSiN膜を形成する場合に、そのSiN膜とフォトダイオード形成領域(10)のSiN膜(17)とを同時に形成することにより、工程数の増加を回避することができる。

【0020】次いで、図1に示すように、全面にSiO₂膜(17)を形成した後、このSiO₂膜(17)にコンタクト孔を形成し、このコンタクト孔を介してN+型拡散領域(6)、コンタクト領域(13)、ベース領域(12)、エミッタ領域(14)及び素子分離領域(5)に接続する電極15を形成する。その後、全面にパッケージ樹脂層(18)を形成する。これにより、本実施形態の光半導体装置の製造が完了する。

【0021】なお、上述の説明においては、フォトダイオードをバイポーラトランジスタとともに集積化する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、フォトダイオードをMOSTランジスタとともに集積化したり、BiCMOSとともに集積化することも可能である。

(第2の実施形態)図7、8は本発明の第2の実施形態に係る光半導体装置のフォトダイオード部を示す断面図及び上面図である。

【0022】P型シリコン基板(1)上にはN型エピタキシャル層(2)が形成されており、フォトダイオード形成領域のエピタキシャル層(2)の表面上には、SiO₂膜(16)及び反射防止膜としてもSiN膜(27)がストライプ状に配設されている。なお、SiN膜(27)は、エピタキシャル層(2)の表面上からSi

O₂膜(16)の上に若干延び出すようにして形成されている。また、エピタキシャル層(2)の表面の各SiN膜(27)の間の領域には、N+型拡散領域(26)が形成されている。また、SiO₂膜(16)及びSiN膜(27)上にはSiO₂膜(17)が形成されている。そして、このSiO₂層(17)上は、パッケージ樹脂層(17)により覆われている。なお、N+型拡散領域(26)は、SiO₂膜(16)(17)に選択的に形成されたコンタクトホールを介して電極(図示せず)に電気的に接続されている。

【0023】ところで、SiO₂膜(17)とSiN膜(27)との界面での光の反射率は、SiO₂膜(17)の厚さに関係する。フォトダイオードに入射する光の波長を入とすると、SiO₂膜(17)の厚さによる反射率のばらつきを小さくするためには、SiO₂膜(17)の厚さを $\lambda/4$ 以下の精度で制御することが必要がある。しかし、SiO₂膜(17)の膜厚をこのような精度で制御することは極めて困難である。

【0024】本形態においては、N+型拡散領域(6)上にSiN膜(27)がストライプ状に形成されており、図7に示すように、SiO₂膜(17)の表面には凹凸が形成される。すなわち、各SiN膜(27)上には、SiO₂膜(17)の膜厚が厚い部分と薄い部分とが連続している。従って、本形態においては、各SiN膜(27)上に、反射率が小さい部分が必ず存在する。これにより、フォトダイオードの感度のばらつきを抑制することができ、品質の均一化を図ることができる。また、本実施形態においても、第1の実施形態と同様に、エピタキシャル層(2)とSiO₂膜(17)との間に、両者の間の屈折率を有するSiN膜(27)を介在させているので、感度が良好なフォトダイオードが得られる。

【0025】なお、本実施形態のフォトダイオードも、第1の実施形態と同様に、バイポーラトランジスタ又はMOSTランジスタ等とともに同一半導体基板に集積化することが可能である。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光半導体装置によれば、一導電型半導体基板上に形成された逆導電型半導体層と、この逆導電型半導体層上の絶縁膜との間に、前記逆導電型半導体層の屈折率と前記絶縁膜の屈折率との間の屈折率を有する材料からなる反射防止膜が介在しているので、入射光の反射率を低減することができる。これにより、フォトダイオードの空乏層に到達する光の量が増加し、フォトダイオードの感度が向上する。

【0027】また、前記反射防止膜をストライプ状に形成することにより、絶縁膜の厚さのばらつきに起因する感度のばらつきを抑制することができ、品質の均一化を図ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光半導体装置の構造を説明する断面図である。

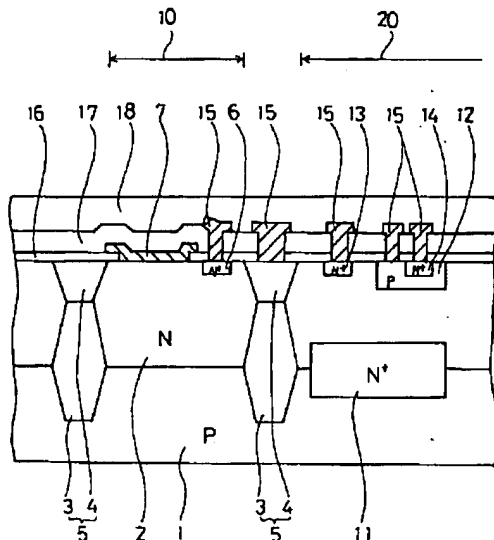
【図2】本発明の第1の実施形態に係る光半導体装置のフォトダイオードにおける反射を説明する模式図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る光半導体装置の製造方法を説明する第1の断面図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る光半導体装置の製造方法を説明する第2の断面図である。

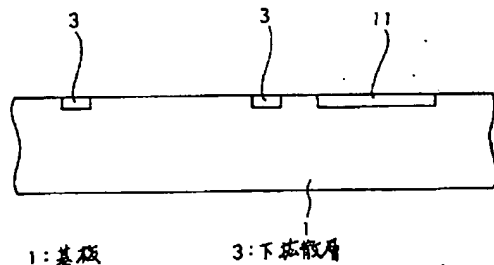
【図5】本発明の第1の実施形態に係る光半導体装置の

【図1】



- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1: 基板 | 2: エピタキシャル層 |
| 5: 量子分離領域 | 7: SiN膜(反射防止膜) |
| 10: フォトダイオード形成領域 | 11: 埋め込み層 |
| 12: ベース領域 | 13: コンタクト領域 |
| 14: エミッタ領域 | 16, 17: SiO ₂ 膜(絶縁膜) |
| 20: トランジスタ形成領域 | |

【図3】



- 1: 基板
3: 下基盤層

製造方法を説明する第3の断面図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る光半導体装置の製造方法を説明する第4の断面図である。

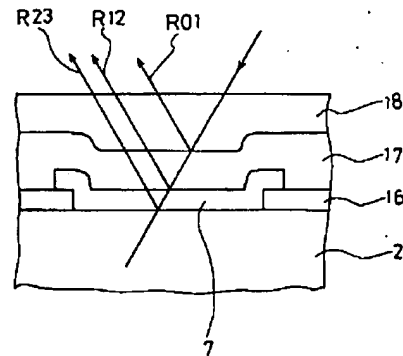
【図7】本発明の第2の実施形態に係る光半導体装置のフォトダイオードの構造を説明する断面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る光半導体装置のフォトダイオードの構造を説明する上面図である。

【図9】従来のフォトダイオードを備えた光半導体装置の構造を説明する断面図である。

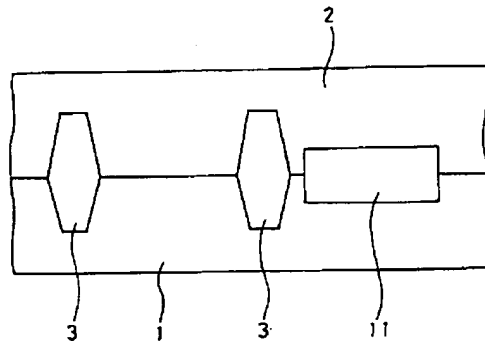
10 【図10】従来の光半導体装置のフォトダイオードにおける光の反射を説明する模式図である。

【図2】



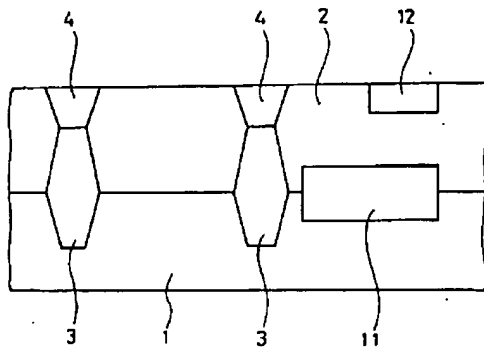
- 2: エピタキシャル層
7: SiN膜
17: SiO₂膜
18: パッケージ樹脂層

【図4】

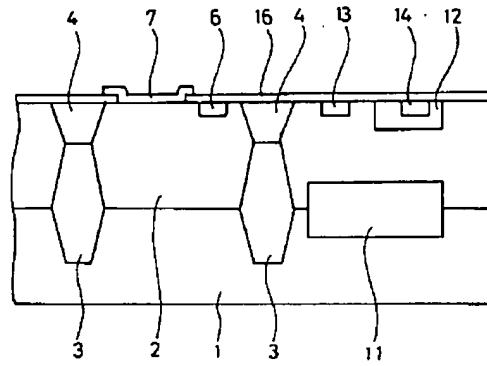


- 2: エピタキシャル層

【図5】

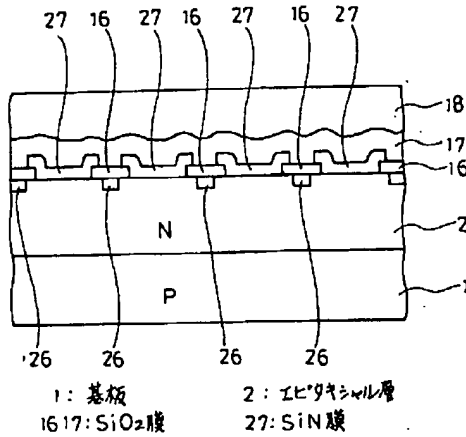


【図6】



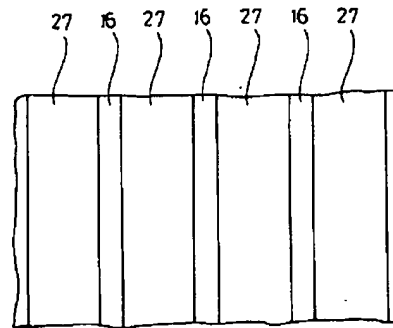
6: N⁺型拡散領域 7: SiN膜

【図7】

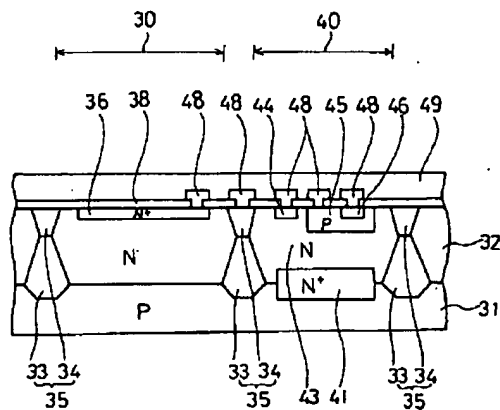


1: 基板 2: エピタキシャル層
16, 17: SiO₂膜 27: SiN膜

【図8】

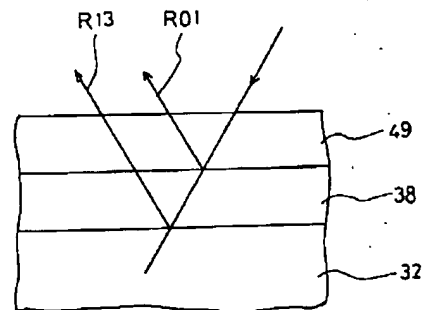


【図9】



31: 基板 32: エピタキシャル層
35: 量子分離領域 36: N⁺拡散領域
38: SiO₂膜 39: フォトゲート形成領域
40: トランジスタ形成領域 41: 埋め込み層
43: コレクタ領域 44: N⁺コンタクト領域
45: ベース領域 46: エミッタ領域

【図10】



PAT-NO: JP409153604A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09153604 A
TITLE: OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE
PUBN-DATE: June 10, 1997

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
TAKAHASHI, TSUYOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
SANYO ELECTRIC CO LTD N/A

APPL-NO: JP07311382
APPL-DATE: November 29, 1995

INT-CL (IPC): H01L027/14, H01L031/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical semiconductor device having a photodiode which reduces reflection of incident light and has its sensitivity improved.

SOLUTION: An SiN film 7 as anti-reflective coating is provided between an N-type epitaxial layer 2 in a photodiode forming region 10 and an SiO₂ film 17 located above the N-type epitaxial layer 2. This SiN film 7 has a refractive index (about 2.0) which is an intermediate value between the refractive index (about 3.4) of the epitaxial layer 2 and the refractive index (about 1.45) of the SiO₂ film 17.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the optical semiconductor device which has the photodiode which prevented reflection of the light in plane of incidence, if it says in more detail about an optical semiconductor device. recent years, and DVD (Digital Video Disk) and CD (Compact Disk) -- the need of a photodiode and the optical semiconductor device which integrated the circumference circuit on the same semiconductor substrate is increasing as a sensing element used for the photodetection sections, such as ROM and MD (Mini Disk), etc., and the further improvement in the sensitivity of the photodiode used as these photo detectors has been required.

[0002]

[Description of the Prior Art] Unlike what formed the photo detector and the circumference circuit separately, and hybrid-IC-ized them, the optical semiconductor device which integrated a photodiode and its circumference circuit to the same semiconductor substrate can expect a cost cut, and has the advantage of being strong, to the noise by external electromagnetic field while it is a small light weight.

[0003] As this kind of an optical semiconductor device, the structure indicated by JP,4-245478,A, for example is well-known. That is, as shown in drawing 9, on a P type silicon substrate (31), it is N-. The mold epitaxial layer (32) is formed by the thickness which is 10-12 micrometers. This epitaxial layer (32) is divided into two or more element fields, such as a photodiode formation field (30) and an NPN transistor formation field (40), by the element isolation region (35). In addition, an element isolation region (35) is constituted by the bottom diffusion layer (33) which the epitaxial layer (32) was made to diffuse a P type impurity, and was formed in it from the substrate (31), and the diffusion layer (33) after diffusing the P type impurity and forming from the surface of an epitaxial layer (32).

[0004] It sets to a photodiode formation field (30), and is N+ to the surface of an epitaxial layer (32). The mold diffusion field (36) is formed. N+ which introduced and formed antimony (Sb) between the substrate (31) and the epitaxial layer (32) in the NPN transistor formation field (40) The mold embedding layer (41) is prepared. Moreover, on the embedding layer (41), the N type collector field (43) which consists of an epitaxial layer is formed. In the surface of this N type collector field (43), it is N+. The mold contact field (44) and the P type base region (45) are isolated and formed mutually. And in the surface of a P type base region (45), it is N+. The mold emitter region (46) is formed.

[0005] In the whole surface on an epitaxial layer (32), it is SiO₂. The film (38) is formed and it is N+. A mold diffusion field (36) and N+ A mold contact field (44), a P type base region (45), and N+ A mold emitter region (46) is SiO₂, respectively. It connects with the electrode (48) electrically through the contact hole formed in the film (38). Moreover, SiO₂ The film (38) top is covered with the package resin layer (49) of an epoxy system.

[0006] Thus, an electrode (48) is minded in the semiconductor device which has the constituted photodiode, and they are a substrate (31) and N+. Reverse voltage is impressed between mold diffusion fields (36). the hole which generates by this the light which reached the epitaxial layer in this condition will flow to a substrate side (or the light which reached the substrate (31) generates an electron --

making), and it will be detected as a light.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, especially the conventional optical semiconductor device mentioned above is SiO₂. A film (38) and N⁺ The reflection factor of the light in an interface with a mold diffusion field (36) is comparatively high, and since there is little quantity of light which carries out incidence to a substrate or an epitaxial layer, there is a trouble that sensitivity is low.

Hereafter, the trouble is further explained to details.

[0008] A part of light which carries out incidence to a photodiode as shown in drawing 10 is a package resin layer (49) and SiO₂. An interface with a film (38), and SiO₂ It is reflected by the interface of a film (38) and an epitaxial layer (32). Supposing it does not consider the effect of thickness, and the effect of a multiple echo in the case of the vertical incidence of light, it is a refractive index n₁. The layer and refractive index n₂ of material The reflection factor R in an interface with the layer of material is given with the following formula 1.

(Formula 1)

$$R = \{(n_2 - n_1) / (n_2 + n_1)\}^2 \times 100 (\%)$$

In the case of the usual photodiode, the refractive index of a package resin layer (49) is about 1.55 SiO₂. Since a membranous (38) refractive index is about 3.4, the refractive index of about 1.45 epitaxial layer (32) A package resin layer (49) and SiO₂ The reflection factor R₀₁ in an interface with a film (38) is [about 0.1% and] SiO₂ although it is small. The reflection factor in the interface of a film (38) and an epitaxial layer (32) is as large as about 16.2%. For this reason, in the conventional photodiode, the amount of the light which reaches a depletion layer is not enough, and sensitivity is low.

[0009]

[Means for Solving the Problem] So that this invention might be accomplished in view of the above-mentioned conventional defect and may be illustrated to drawing 1 A 1 conductivity-type semiconductor substrate and a reverse conductivity-type semiconductor layer formed on this semiconductor substrate, An antireflection film formed on this reverse conductivity-type semiconductor layer, and an insulator layer formed on this antireflection film, It has a photodiode constituted by package resin layer formed on this insulator layer. Said antireflection film With an optical semiconductor device characterized by being formed with a material which has a refractive index between a refractive index of said insulator layer, and a refractive index of said reverse conductivity-type semiconductor layer, reflection in respect of light-receiving of a photodiode is reduced, and it aims at aiming at improvement in sensitivity.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The optical semiconductor device applied to the gestalt of operation of this invention below is explained referring to a drawing.

(1st operation gestalt) Drawing 1 is the cross section showing the structure of the optical semiconductor device equipped with the photodiode concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[0011] The N type epitaxial layer (2) is formed on the P type silicon substrate (1). This epitaxial layer (2) is separated into two or more element fields, such as a photodiode formation field (10) and an NPN transistor formation field (20), from the surface of an epitaxial layer (2) by the element isolation region (5) which reaches a substrate (1). In addition, an element isolation region (5) introduces a P type impurity on the surface of a substrate (1), and is constituted by the bottom diffusion layer (3) which was made to diffuse this impurity up and formed it, and the diffusion layer (4) after introducing the P type impurity into the surface of an epitaxial layer (2), diffusing this impurity caudad and forming.

[0012] It sets to a photodiode formation field (10) among the element fields separated by the element isolation region (5), and is N⁺ to the surface of an epitaxial layer (2). The mold diffusion field (6) is formed. On the other hand, it sets to an NPN transistor formation field (20), and is N⁺ between a substrate (1) and an epitaxial layer (2). The mold embedding layer (11) is prepared. Moreover, in the surface of the epitaxial layer (2) on an embedding layer (11), it is N⁺. The mold contact field (13) and the P type base region (12) are isolated and formed mutually. And in the surface of a P type base region (12), it is N⁺. The mold emitter region (14) is formed.

[0013] In the whole surface on an epitaxial layer (2), it is 1st SiO₂. The film (16) is formed. This 1st

SiO₂ The opening of the film (16) is carried out on the photodiode formation field (10), and as it extends a little on SiO₂ film (16) from on an epitaxial layer (2), the SiN film (antireflection film) (7) is formed in a part for that opening.

[0014] Moreover, 1st SiO₂ On a film (16) and a SiN film (7), it is 2nd SiO₂. The film (17) is formed. And N+ The element isolation region (5) and N+ which adjoin a mold diffusion field (6) and a photodiode formation field (10) A mold contact field (13), a P type base region (12), and an N type emitter region (14) are 1st and 2nd SiO₂. It connects with the electrode (15) electrically through the contact hole which penetrates a film (16) and (17), respectively.

[0015] And SiO₂ The film (9) top is covered in the package resin layer (18) of an epoxy system. Thus, in the optical semiconductor device of this constituted operation gestalt, if reverse voltage is impressed between the substrate (1) of a photodiode formation field (10), and an epitaxial layer (2) through an electrode (15), a depletion layer will spread between a substrate (1) and an epitaxial layer (2). When light reaches this depletion layer, an electron and an electron hole pair are formed and they are a substrate (1) and N+. Current flows between mold diffusion fields (6). This current is amplified by the NPN transistor formed in the element field contiguous to a photodiode formation field (10), and it transmits to a latter circuit.

[0016] At this time, as shown in drawing 2, a part of incident light is a package resin layer (18) and SiO₂. An interface with a film (17), and SiO₂ It is reflected by the interface of a film (17) and a SiN film (7), and the interface of a SiN film (7) and an epitaxial layer (2). In this case, the refractive index of a package resin layer (18) is about 1.55, SiO₂. Since a membranous (17) refractive index is about 3.4, the refractive index of about 1.45 and a SiN film (7) the refractive index of about 2.0 epitaxial layer (2) By said formula 1, they are package resin (18) and SiO₂. The reflection factor R01 in an interface with a film (17) About 0.1%, SiO₂ In the reflection factor R12 in the interface of a film (17) and a SiN film (7), a reflection factor R23 becomes about 6.7% by the interface of a SiN film (7) and an epitaxial layer (2) about 2.5%.

[0017] That is, it sets in this gestalt and they are an epitaxial layer (2) and SiO₂. Since the SiN film (7) which has a refractive index between the both was made to intervene between films (17), the whole reflection factor can be reduced. The amount of the light which reaches a depletion layer increases by this, and the sensitivity of a photodiode improves. Hereafter, the manufacture method of an optical semiconductor device of having an above-mentioned photodiode is explained. First, as shown in drawing 3, the ion implantation of the antimony (Sb) with which the mask (not shown) by which the opening was carried out is formed, and the portion corresponding to an embedding layer (11) formation schedule field embeds on the surface of a substrate (1) through the opening of this mask, and forms a layer (11) on a P type silicon substrate (1) is carried out. Then, after removing said mask, the portion corresponding to a bottom diffusion layer (3) forms the mask (not shown) by which the opening was carried out on a substrate (1). And the boron (B) which forms a bottom diffusion layer (3) on the surface of a substrate (1) through the opening of this mask is introduced. Then, said mask is removed.

[0018] Next, as shown in drawing 4, an N type epitaxial layer (2) is formed on a substrate (1) at the thickness of 10-12 micrometers. At this time, the impurity introduced into the substrate (1) at the before production process is spread in an epitaxial layer (2), and each impurity range is expanded. Next, this impurity is diffused after introducing a P type impurity into an epitaxial layer (2) surface top diffusion layer (4) formation schedule field and a base region (12) formation schedule field alternatively, as shown in drawing 5. A top diffusion layer (4) and a bottom diffusion layer (3) are made to connect by this diffusion, and an element isolation region (5) is formed.

[0019] Then, as shown in drawing 6, it is N+ of the surface of an epitaxial layer (2). A mold diffusion field (6) formation schedule field and N+ The impurity is diffused after introducing an N type impurity into a mold contact field (13) formation schedule field and an emitter region (14) formation schedule field. Next, it is SiO₂ on an epitaxial layer (2). It is SiO₂ on a photodiode formation field (10) by the photolithography method after forming a film (16). The opening of the film (16) is carried out and a SiN film (7) is formed on the epitaxial layer for this opening (2). [at this time, for example, other fields,], when forming the SiN film which acts as a dielectric of a capacitative element, the increment in a

routing counter can be avoided by forming that SiN film and the SiN film (17) of a photodiode formation field (10) in coincidence.

[0020] Subsequently, as shown in drawing 1, it is SiO₂ to the whole surface. This SiO₂ after forming a film (17) A contact hole is formed in a film (17), this contact hole is minded, and it is N⁺. The electrode 15 linked to a mold diffusion field (6), a contact field (13), a base region (12), an emitter region (14), and an element isolation region (5) is formed. Then, a package resin layer (18) is formed in the whole surface. Thereby, manufacture of the optical semiconductor device of this operation gestalt is completed.

[0021] In addition, in above-mentioned explanation, although the case where a photodiode was integrated with a bipolar transistor was explained, it is also possible for this invention not to be limited to this, and to integrate a photodiode with an MOS transistor or to integrate with BiCMOS.

(2nd operation gestalt) Drawing 7 and 8 are the cross sections and plans showing the photodiode section of the optical semiconductor device concerning the 2nd operation gestalt of this invention.

[0022] The N type epitaxial layer (2) is formed on the P type silicon substrate (1), and the SiN film (27) is arranged in the shape of a stripe also as SiO₂ film (16) and an antireflection film on the surface of the epitaxial layer (2) of a photodiode formation field. In addition, a SiN film (27) is SiO₂ from the surface of an epitaxial layer (2). On the film (16), it extends a little, and as it takes out, it is formed. Moreover, in the field between each SiN film (27) of the surface of an epitaxial layer (2), it is N⁺. The mold diffusion field (26) is formed. Moreover, SiO₂ On a film (16) and a SiN film (27), it is SiO₂. The film (17) is formed. And this SiO₂ The layer (17) top is covered with the package resin layer (17). In addition, N⁺ A mold diffusion field (26) is SiO₂. It connects with the electrode (not shown) electrically through the contact hole alternatively formed in a film (16) and (17).

[0023] By the way, SiO₂ The reflection factor of the light in the interface of a film (17) and a SiN film (27) is SiO₂. It is related to membranous (17) thickness. It is SiO₂ when wavelength of the light which carries out incidence to a photodiode is set to λ . It is SiO₂ in order to make small dispersion in the reflection factor by membranous (17) thickness. Necessity has controlled membranous (17) thickness by $\lambda/4$ or less precision. However, SiO₂ It is very difficult to control membranous (17) thickness by such precision.

[0024] It sets in this gestalt and is N⁺. It is SiO₂, as the SiN film (27) is formed in the shape of a stripe on the mold diffusion field (6) and it is shown in drawing 7. Irregularity is formed on the surface of a film (17). That is, on each SiN film (27), it is SiO₂. The portion with membranous (17) thick thickness and the thin portion are continuing. Therefore, in this gestalt, a portion with a small reflection factor surely exists on each SiN film (27). Thereby, dispersion in the sensitivity of a photodiode can be controlled and equalization of quality can be attained. Moreover, it sets in this operation gestalt as well as the 1st operation gestalt, and they are an epitaxial layer (2) and SiO₂. Since the SiN film (27) which has a refractive index between both is made to intervene between films (17), a photodiode with good sensitivity is obtained.

[0025] In addition, the photodiode of this operation gestalt as well as the 1st operation gestalt can be integrated to the same semiconductor substrate with a bipolar transistor or an MOS transistor.

[0026]

[Effect of the Invention] Since the antireflection film which consists of a material which has a refractive index between the refractive index of said reverse conductivity-type semiconductor layer and the refractive index of said insulator layer intervenes between the reverse conductivity-type semiconductor layer formed on the 1 conductivity-type semiconductor substrate, and the insulator layer on this reverse conductivity-type semiconductor layer according to the optical semiconductor device concerning this invention as explained above, the reflection factor of incident light can be reduced. The amount of the light which reaches the depletion layer of a photodiode increases by this, and the sensitivity of a photodiode improves.

[0027] Moreover, by forming said antireflection film in the shape of a stripe, dispersion in the sensitivity resulting from dispersion in the thickness of an insulator layer can be controlled, and the effect that equalization of quality can be attained is done so.

[Translation done.]